

# PERANCANGAN SISTEM CERDAS MENGGUNAKAN SISTEM INFERENSI FUZZY UNTUK PENENTUAN AGRO INDUSTRI HIJAU

## DESIGNING OF INTELLIGENT SYSTEM USING FUZZY INFERENCE SYSTEM THE DETERMINATION OF THE GREEN AGROINDUSTRY

Hermawan Prasetya<sup>1)\*</sup> dan Taufik Djatna<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Pusat Pengkajian Kebijakan Peningkatan Daya Saing, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi  
Gedung BPPT II, Lt 11, Jl. MH Thamrin No. 8, Jakarta  
E-mail: [hermawanprasetya@yahoo.co.id](mailto:hermawanprasetya@yahoo.co.id)

<sup>2)</sup>Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

### ABSTRACT

*Recently, industrial development is directed toward an environmental sound development, called green industry. In implementation of the concept, knowledge of current status of green industry is very important; therefore, development of tools to determine green industry is a necessity. The objective of this research was to design a green agroindustry intelligent system using fuzzy inference system, called SICAH. Development of the system employed twelve variables and 193 rules to determine green industry status of an agroindustry. Moreover, it was implemented simple rules to determine appropriate generic strategy in green industry level enhancement which should be conducted both by government and CEO of agroindustry. Testing the system using dummy data was conducted to ensure fitness of the system in determining of green agroindustry. It was concluded that the system could be implemented for this purpose.*

**Keywords:** *green industry, intelligent system, fuzzy inference system*

### ABSTRAK

Pengembangan industri akhir-akhir ini diarahkan pada pengembangan industri berwawasan lingkungan, atau lebih dikenal dengan industri hijau. Dalam rangka implementasi konsep industri hijau, pengetahuan tentang status industri hijau sangat diperlukan, oleh karena itu pengembangan perangkat untuk menetapkan status industri hijau merupakan kebutuhan mendesak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendesain suatu sistem cerdas agroindustri hijau menggunakan sistem inferensi fuzzy, yang diberi nama SICAH. Pengembangan sistem cerdas ini menggunakan 12 variabel dan 193 *rule* untuk menentukan status agroindustri hijau. Beberapa *rule* sederhana juga digunakan untuk menentukan strategi generik yang sesuai untuk peningkatan status industri hijau baik strategi yang harus dilakukan oleh pemerintah maupun pihak industri. Pengujian sistem cerdas dengan data *dummy* menunjukkan bahwa sistem ini mampu menentukan status agroindustri hijau, sehingga sistem ini dapat diimplementasikan untuk keperluan tersebut.

**Kata kunci:** industri hijau, sistem cerdas, sistem inferensi fuzzy

### PENDAHULUAN

Pengembangan industri di negara-negara berkembang selayaknya diarahkan pada keberlanjutan pertumbuhan dengan kontinuitas *output* dan minimasi penggunaan input yang berupa bahan baku dan energi dalam proses produksi (UNINDO, 2009). Perhatian terhadap lingkungan pada pengembangan perindustrian nasional telah diatur dalam Undang-Undang No. 5 tahun 1984 tentang Perindustrian. Undang-undang tersebut mengamankan pembangunan industri yang berlandaskan pada kelestarian lingkungan hidup.

Saat ini sedang disusun Rancangan Undang-Undang (RUU) Perindustrian. DPR-RI telah menetapkan sebagai salah satu RUU Prioritas Program Legislasi Nasional (Prolegnas) tahun 2010. Dalam rancangan tersebut perhatian terhadap lingkungan dan produk industri yang ramah lingkungan diatur secara khusus pada pasal terkait

dengan industri hijau. Industri hijau akan menjadi salah satu ketentuan yang akan diatur dalam draft Rancangan Undang-Undang (RUU) Perindustrian. Dalam RUU tersebut disebutkan tugas pemerintah adalah membuat Standar Industri Hijau.

Dalam pengembangan industri hijau, peranan pemerintah cukup penting. Peran tersebut dapat dijalankan dengan mengkampanyekan kepedulian tentang industri hijau, peningkatan kapasitas dan penciptaan kelembagaan yang bertugas memberikan dukungan pada industri, memberikan akreditasi dan sertifikasi (UNINDO, 2009). Dalam rangka menjalankan fungsi tersebut, Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Perindustrian memberikan anugerah industri hijau sebagai upaya memberikan apresiasi dan mendorong kalangan industri untuk mewujudkan industri hijau. Pemberian Anugerah Industri Hijau 2010 diberikan kepada tiga kelompok kategori, yaitu kategori

\*Penulis untuk korespondensi

Industri Swasta Besar, Industri Kecil dan Menengah, dan Industri Khusus BUMN.

Upaya pemerintah untuk mendorong terjadinya industri hijau melalui serangkaian kebijakan seperti pendirian lembaga akreditasi dan sertifikasi memerlukan perangkat atau metode untuk menilai apakah suatu industri tersebut termasuk industri hijau atau tidak. Oleh karena itu paper singkat ini merancang suatu sistem cerdas yang diharapkan dapat digunakan untuk menilai atau mengidentifikasi industri hijau tersebut.

Sistem cerdas ini diarahkan untuk menilai kelompok industri agoindustri. Pemilihan hanya pada kelompok industri ini, karena setiap industri mempunyai karakteristik yang berbeda-beda sehingga penggunaan kriteria yang umum akan sulit dipertanggungjawabkan validitasnya. Disamping itu agroidustri berperan besar dalam meningkatkan *output*, nilai tambah dan penyerapan tenaga kerja dibandingkan sektor pertanian primer (Susilowati, 2007).

## Penelitian Terdahulu

### Perancangan Sistem Cerdas

Terdapat beberapa penelitian sistem cerdas yang pernah dilakukan dengan menggunakan sistem *fuzzy*. Logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan pernah digunakan untuk sistem intelijen untuk mendeteksi kualitas susu (Septiani dan Marimin, 2005). Sistem inferensi *fuzzy* juga pernah digunakan pada sistem pakar untuk mendeteksi buah manggis (Purnomo, 2007). Sistem inferensi *fuzzy*, Adaptive *neuro fuzzy inference system* dan Fuzzy AHP digunakan untuk mengembangkan sistem pakar untuk penilaian daya saing berbasis teknologi (Wulandari dan Marimin, 2010). Sistem inference *fuzzy* digunakan untuk mengurangi kompleksitas dalam mengkonversi dampak lingkungan menjadi informasi yang kuantitatif (Topuz *et al.*, 2011).

### Konsepsi dan Kriteria Industri Hijau

Berdasarkan pengumpulan terhadap definisi industri hijau, maka diperoleh hasil yang cukup bervariasi. Pendefinisian industri hijau pada umumnya dapat dilihat dari obyek atau jenis bisnisnya, aktivitas atau proses produksi yang ramah lingkungan atau dampak terhadap lingkungan dari aktivitas industri.

Dari segi obyek industri, definisi industri hijau sebagai produksi dan penjualan tanaman bunga (*floriculture*) dan hasil produksi hortikultura. Industri hijau meliputi rumah kaca, kebun bunga, kebun tanaman berdaun (*foliage*), kebun tanaman untuk keperluan pertanaman (*landscape plant*) dan rerumputan (Johnson dan Christensen, 1995; Thilmany *et al.*, 2008).

Definisi industri hijau yang terkait dengan proses dapat diturunkan dari definisi pekerjaan hijau (*Green job*) yang dikemukakan oleh Biro Statistik Tenaga Kerja Amerika Serikat (*US Bureau of Labor*

*Statistic=US BLS*). Definisi *green job* menurut US BLS (2008) mencakup dua hal, yaitu:

1. Pekerjaan dalam bisnis yang memproduksi barang atau menyediakan jasa yang memberi keuntungan pada lingkungan dan konservasi sumberdaya.
2. Pekerjaan dimana tugas para pekerjanya membuat proses produksi lebih ramah lingkungan dan menggunakan sumberdaya baru.

Definisi industri hijau lebih menekankan pada proses inilah yang banyak dipakai dalam beberapa tulisan di Indonesia. Tim Penyusun Standar Industri Hijau Balai Besar Pulp dan Kertas (2010) memilih definisi Industri hijau (*green industry*) sebagai alat untuk melaksanakan konsep atau kebijakan pertumbuhan hijau (*green growth*) yang merupakan pengintegrasian efisiensi ekonomi dan efisiensi ekologi sehingga menghasilkan efisiensi produksi yang tinggi. Sementara Dalam RUU Perindustrian, industri hijau didefinisikan sebagai industri yang berwawasan lingkungan yang menyelaraskan pertumbuhan dengan kelestarian lingkungan hidup, mengutamakan efisiensi dan efektivitas penggunaan sumber daya alam serta bermanfaat bagi masyarakat (RUU Perindustrian Draft Tanggal 27 Mei 2010).

Pada tanggal 9 – 11 September 2009, di Manila Philipina, telah disepakati Deklarasi Manila oleh para menteri, wakil menteri atau yang mewakili Pemerintah Negara-negara di Asia. Para Pemimpin Asia di Manila Filipina tahun 2009 ini sepakat mendeklarasikan kriteria dan langkah-langkah mengurangi intensitas eksplorasi sumber daya dan emisi karbon melalui:

1. Produksi bersih (*cleaner production*)
2. Emisi karbon rendah dan industri hemat sumber daya (*low-carbon and resource-efficient manufacturing industries*)
3. Pengentasan kemiskinan (*poverty eradication*)
4. Konsumsi dan produksi yang berkelanjutan (*sustainable consumption and production*)
5. Proses produksi yang hemat energi, bahan, dan air (*efficiency in energy, material and water use in production processes*)
6. Eko-produksi dan layanan prima (*eco-friendly products and services*)
7. Energi terbarukan dan konservasi energi (*renewable energy and energy-efficient processes*)
8. Inovasi hijau (*green innovation*)
9. Daur ulang dan pengelolaan limbah (*recycling and waste management*).

Terdapat beberapa strategi yang harus ditempuh oleh negara-negara berkembang untuk mewujudkan industri hijau. Strategi tersebut berupa: (1) efisiensi pemanfaatan sumberdaya untuk produksi, (2) mengurangi dampak lingkungan lokal dari suatu industri, dan (3) memasukkan pasar global dengan pemenuhan standar lingkungan yang

ditetapkan oleh standar internasional (UNINDO, 2009).

## METODE PENELITIAN

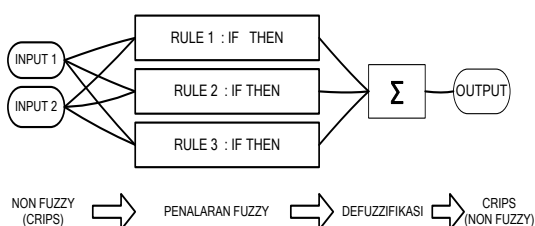
### Kerangka Pemikiran

Sistem intelijen yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem intelijen berbasis Sistem Inferensi *Fuzzy*. Sistem intelijen ini digunakan untuk menentukan apakah suatu industri termasuk dalam kategori industri hijau (sangat ramah lingkungan), kuning (ramah lingkungan), merah (kurang ramah lingkungan) atau hitam (tidak ramah lingkungan). Penilaian hijau hingga hitam ini mengadopsi penilaian proper lingkungan yang menilai kinerja lingkungan suatu industri ke dalam 5 kategori (emas, hijau, kuning, merah dan hitam) (Anbumozhi *et al.*, 2010). Penelitian ini dimulai dengan menentukan tujuan dari sistem cerdas yang akan disusun. Tujuan dari penyusunan sistem cerdas ini adalah (1) mengidentifikasi tingkat keramahan lingkungan suatu agroindustri, dan (2) memberikan solusi bagi peningkatan tingkat keramahan lingkungan tersebut.

Penyusunan sistem cerdas ini menggunakan sistem inferensi *fuzzy* (*Fuzzy Inference System* (FIS)). FIS adalah proses formulasi pemetaan dari input yang dimasukkan ke *output* logika *fuzzy*. Pemetaan tersebut selanjutnya akan menyajikan informasi dasar untuk mendukung pengambilan keputusan. Secara umum FIS terdiri dari lima fungsi, yaitu (1) kaidah aturan (*If-Then*), (2) *database*, (3) unit pengambilan keputusan, (4) fuzzifikasi dan (5) defuzzifikasi (Marimin, 2007).

Dalam perangkat lunak MATLAB disediakan dua metode yaitu Metode Sugeno dan Mamdani. Metode Mamdani merupakan metode yang umum digunakan dalam FIS, dan *default* di MATLAB adalah metode ini. Kelebihan metode Mamdani adalah (1) intuitif, (2) diterima secara luas dan (3) sangat sesuai untuk memasukkan *input* dari manusia. Dalam penelitian ini digunakan Metode Mamdani untuk penyusunan Sistem Cerdas Agroindustri Hijau.

Proses analisis FIS pada dasarnya terdiri dari *input*, *rule base*, defuzzifikasi dan *output* sebagaimana disajikan pada Gambar 1. Proses FIS secara lebih rinci terdiri dari proses *input*, penetapan operator *fuzzy*, inferensi, agregasi dan defuzzifikasi (Marimin, 2007).



Gambar 1. Proses analisis FIS

### Desain Input

*Input* dari sistem cerdas ini terdiri dari aspek-aspek yang akan digunakan untuk menilai agroindustri hijau. Berdasarkan telaah terhadap konsepsi industri hijau dan kriterianya serta diskusi dengan beberapa pakar, maka ditetapkan empat aspek dengan 12 variabel sebagai kriteria penentuan industri hijau. Aspek-aspek tersebut adalah (1) penggunaan sumberdaya, (2) proses dan produk ramah lingkungan, (3) dampak industri, dan (4) kebijakan internal perusahaan dan manajemen.

Ke-12 variabel tersebut secara lebih rinci adalah (1) efisiensi penggunaan energi, (2) efisiensi bahan baku, (3) efisiensi penggunaan air, (4) penerapan *cleaner production*, (5) produk ramah lingkungan, (6) pengelolaan limbah, (7) upaya pengurangan emisi karbon, (8) tingkat polusi lingkungan lokal, (9) porsi CSR lingkungan, (10) visi lingkungan perusahaan, (11) audit lingkungan internal, dan (12) peningkatan kapasitas lingkungan sumberdaya manusia di perusahaan. Kriteria/aspek industri hijau yang digunakan dalam sistem intelijen dan nilainya disajikan pada Tabel 1.

### Desain Proses

Proses analisis dalam sistem intelijen ini terdiri dari beberapa analisis yang dilakukan. Analisis tersebut disajikan pada Gambar 2. Dari Gambar 2, dapat diketahui bahwa dalam proses analisis SICAH terhadap tiga tahap analisis. Ketiga tahap analisis tersebut adalah (1) analisis kriteria *green industry*, (2) agregasi agroindustri hijau, (3) pemetaan agroindustri hijau dan penetapan strategi generik.

Dalam rangka memudahkan inferensi pengetahuan pakar maka dilakukan formulasi rumus untuk *Rule IF Then*. Variabel dalam setiap aspek diberi bobot. Bobot ini diperoleh dari wawancara pakar. Selanjutnya nilai variabel dikonversikan dalam skala ordinal (1-3). Nilai inferensi ditentukan dari total perkalian antara skor dan bobot masing-masing aspek.

### Desain Output

*Output* dari sistem cerdas ini adalah (1) penetapan tingkat agroindustri hijau, (2) pemetaan tipologi industri hijau dan (3) rekomendasi strategi generik untuk peningkatan tingkat agroindustri hijau. Penetapan tingkat industri hijau akan menetapkan suatu industri tersebut ke dalam kategori industri hijau (sangat ramah lingkungan), kuning (ramah lingkungan), merah (kurang ramah lingkungan) atau hitam (tidak ramah lingkungan). Pemetaan tipologi disajikan dalam kuadran yang berisi satu sumbu adalah tingkat *green* industri dan sumbu yang lain adalah lama berdiri industri hijau. Pemilihan lama perusahaan berdiri ini menyangkut investasi yang telah dilakukan, sehingga apabila disarankan melakukan investasi baru yang merubah sebagian besar peralatan, maka cenderung akan ada resistensi.

Penyajian tipologi ini menggunakan sistem inferensi fuzzy dengan 4 rule. Dari hasil analisis FIS ini akan muncul empat tipologi yaitu (1) agroindustri ramah lingkungan dan sudah lama berdiri, (2) agroindustri kurang/tidak ramah lingkungan dan sudah lama berdiri, (3) agroindustri ramah lingkungan dan baru

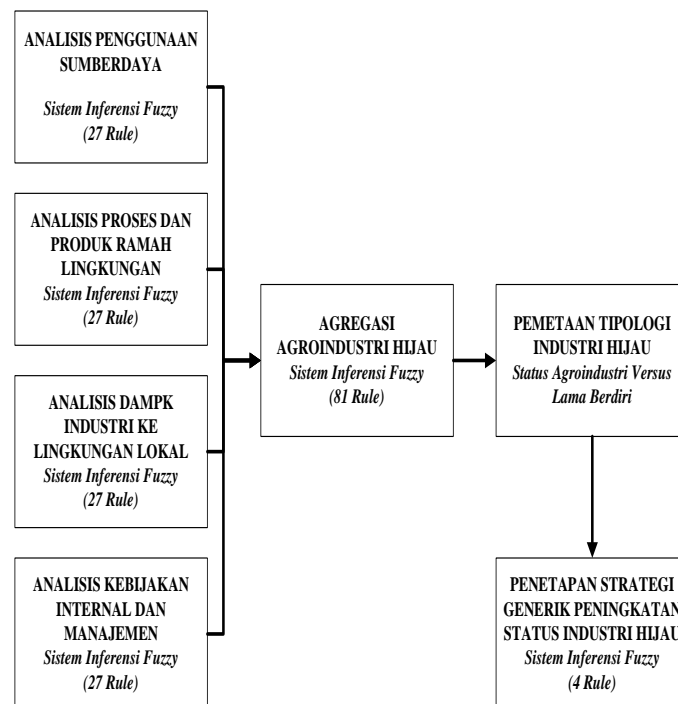
berdiri, dan (4) agroindustri kurang/tidak ramah lingkungan dan baru berdiri.

Rekomendasi strategi terhadap empat tipologi tersebut adalah (1) tipologi 1, strategi pemeliharaan, (2) tipologi 2, strategi perubahan gradual, (3) tipologi 3, penguatan, dan (4) tipologi 3, reinvestasi atau penegakan hukum.

Tabel 1. Kriteria industri hijau yang digunakan dalam SICAH

ASPEK	VARIABEL	NILAI
Penggunaan Sumberdaya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efisiensi energi</li> <li>• Efisiensi bahan baku</li> <li>• Efisiensi penggunaan air</li> </ul>	Tinggi, Sedang, Rendah Tinggi, Sedang, Rendah Tinggi, Sedang, Rendah
Proses dan Produksi Ramah Lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penerapan <i>cleaner production</i></li> <li>• Produk ramah lingkungan</li> <li>• Pengelolaan limbah (3R)</li> </ul>	Semua, Sebagian, Belum Ada Semua, Sebagian, Belum Ada Semua, Sebagian, Belum Ada
Dampak Industri Terhadap Lingkungan Lokal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengurangan emisi karbon</li> <li>• Tingkat polusi lingkungan lokal</li> <li>• Porsi CSR lingkungan</li> </ul>	Tinggi, Sedang, Rendah Tinggi, Sedang, Rendah Tinggi, Sedang, Rendah
Kebijakan Internal dan Manajemen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visi lingkungan perusahaan</li> <li>• Internal audit lingkungan</li> <li>• Peningkatan kapasitas SDM</li> </ul>	Jelas, Samar, Tidak Ada Rutin, Kadang, Tidak Ada Rutin, Kadang, Tidak Ada

Sumber: hasil analisis dan diskusi pakar



Gambar 2. Proses analisis dalam sistem cerdas

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Variabel, Fuzzifikasi dan Rule Base

Penetapan variabel dalam sistem cerdas ini dilakukan dengan serangkaian FGD yang berusaha mengakomodasi konsep industri hijau, kesepakatan deklarasi Manila 2009 dan variabel penilaian Anugerah Industri Hijau 2010.

Variabel-variabel yang dipilih telah merepresentasikan dua hal yang dikemukakan US BLS (2008) yaitu terkait dengan produk yang memberikan keuntungan lingkungan dan konservasi sumberdaya serta proses produksi yang ramah lingkungan.

Sembilan kesepakatan Deklarasi Manila 2009 telah diakomodasi ke dalam 9 dari 12 variabel. Terdapat dua kesepakatan yang tidak secara tegas dimasukkan, yaitu (1) pengentasan kemiskinan yang dimasukkan ke dalam porsi CSR lingkungan hidup, dan (2) inovasi hijau yang diakomodasikan dalam penerapan produksi bersih dan produk ramah lingkungan.

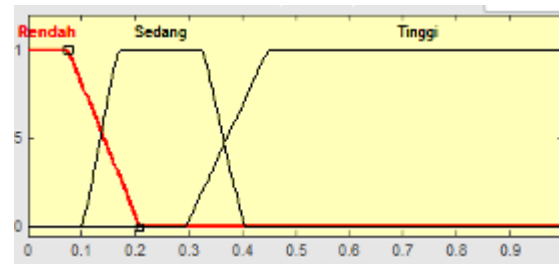
Tiga variabel dalam aspek kebijakan internal dan manajemen merupakan variabel sistem cerdas yang diambil dari kriteria Anugerah Industri Hijau 2010. Kriteria pada aspek ini dianggap penting karena merepresentasikan tingkat kepedulian pihak industri untuk mewujudkan industri hijau, dimana diasumsikan pihak industri juga akan berperan penting dalam mewujudkan industri hijau.

Salah satu hal penting yang harus dilakukan dalam perancangan sistem cerdas ini adalah proses fuzzifikasi (merubah nilai natural/crisp ke dalam bilangan fuzzy). Dalam melakukan fuzzifikasi ini dipilih bilangan fuzzy trapezium (*Standard Trapezium Fuzzy Number* (STFN)). Dasar pemilihan tipe bilangan fuzzy ini adalah merujuk pada penelitian Topuz *et al.* (2011) yang menggunakan STFN untuk mengkonversi beberapa dampak lingkungan ke dalam nilai kuantitatif.

Nilai variabel yang berupa rendah sedang dan tinggi dikonversikan ke dalam nilai kuantitatif. Nilai kuantitatif tersebut adalah rendah (0; 0, 0,1; 0,2), sedang (0,1; 0,15; 0,35; 0,4), dan tinggi (0,3; 0,45; 1; 1). Contoh fuzzifikasi disajikan pada Gambar 3.

Penentuan *Rule-If* pada umumnya diserahkan pada penilaian pakar. Dalam penelitian ini, penentuan *rule* dilakukan dengan menghitung total skor dari setiap kombinasi *Rule If-Then* yang mungkin ada. Total skor dihitung dengan mengalikan antara bobot yang diperoleh dari penilaian pakar dengan nilai skor (dalam skala ordinal 13) masing-masing variabel. Berdasarkan total skor minimum dan maksimum yang mungkin dihasilkan ditentukan rentang nilai total skor untuk menentukan tingkat aspek penilaian (rendah, sedang atau tinggi). Hasil perhitungan *rule base* ini selanjutnya divalidasi dengan penilaian pakar. Contoh salah satu hasil penentuan *rule base* untuk

aspek penggunaan sumberdaya disajikan pada Tabel 2.



Gambar 3. Fuzzifikasi salah satu variabel dengan bilangan fuzzy trapesium (STFN)

Tabel 2. Rangkuman *rule if-then* untuk aspek penggunaan sumberdaya

Rule	IF (Variabel)			Then (Aspek)
	Energi	Baku	Air	Sumber Daya
Bobot	0,3	0,35	0,35	
1	T	T	T	T
2	T	T	S	T
3	T	T	R	S
4	T	S	T	T
5	T	S	S	S
6	T	S	R	S
7	T	R	T	S
8	T	R	T	S
9	T	R	S	S
10	S	T	R	S
11	S	T	T	T
12	S	T	S	S
13	S	S	R	R
14	S	S	T	S
15	S	S	T	S
16	S	R	S	R
17	S	R	R	R
18	S	R	T	S
19	R	T	S	S
20	R	T	R	S
21	R	T	T	T
22	R	S	T	S
23	R	S	S	S
24	R	S	R	R
25	R	R	T	S
26	R	R	S	R
27	R	R	R	R

Catatan : T = Tinggi, S =Sedang, R = Rendah  
Sumber: hasil analisis

Berdasarkan Tabel 1 diatas dapat dilihat bahwa untuk aspek penggunaan sumberdaya dengan tiga variabel terdapat 27 *rule* yang mungkin. Ketiga aspek yang lainnya yaitu aspek proses dan produk ramah lingkungan, dampak industri dan aspek kebijakan internal dan manajemen perusahaan, mempunyai jumlah *rule* yang sama dan menggunakan metode perhitungan inferensi yang sama.

Penentuan tingkat agroindustri hijau menggunakan *Rule If-Then* dengan empat aspek. Berdasarkan penilaian pakar maka bobot untuk masing-masing aspek tersebut adalah (1) penggunaan sumberdaya 0,1222, (2) proses dan produk 0,227, (3) dampak industri 0,227 dan (4) kebijakan internal perusahaan dan manajemen 0,424. Jumlah *Rule If-Then* dari penentuan tingkat agroindustri ini sebanyak 81 *rule*. Sebagian dari *rule* tersebut disajikan pada Tabel 3.

Penentuan tipologi dan penetapan strategi generik dilakukan dengan FIS. Pengembangan FIS ini menggunakan variabel tingkat agroindustri dan lama berdirinya industri tersebut. Terdapat 4 *Rule IF THEN* yang digunakan untuk menentukan tipologi dan strategi generik tersebut. *Rule* untuk menentukan tipologi dan strategi generik disajikan pada Tabel 4.

Tingkat Agroindustri yang empat tingkat disederhanakan menjadi dua, yaitu (1) agroindustri ramah lingkungan (kategori hijau dan kuning), dan (2) agroindustri tidak/kurang ramah lingkungan (kategori merah dan hitam). Selanjutnya lama berdiri perusahaan dibedakan menjadi dua, yaitu (1) > 2 tahun, dan (2) < 2 tahun. Pemilihan nilai 2 tahun ini, berdasarkan pengalaman suatu perusahaan baru membutuhkan 2 tahun untuk *survive* atau mati setelah 2 tahun.

Tabel 3. Sebagian dari *Rule IF-THEN* penentuan tingkat agroindustri hijau

<i>Rule</i>	<i>IF</i>				<i>THEN</i>
	Sumberdaya	Proses dan Produk	Dampak Industri	Kebijakan Manajemen	Tingkat Agroindustri
Bobot	0,122	0,227	0,227	0,424	
1	T	T	T	T	H
2	T	T	T	S	H
3	T	T	T	R	K
4	T	T	S	T	H
5	T	T	S	S	K
6	T	T	S	R	M
7	T	R	R	T	K
8	T	R	R	S	M
9	T	R	R	R	Ht
10	S	R	T	T	K

Catatan :

T = Tinggi, S = Sedang, R = Rendah, H=Hijau, K=Kuning, M=Merah, Ht=Hitam

Sumber: hasil analisis

Tabel 4. *Rule IF THEN* untuk tipologi dan strategi pengembangan agroindustri hijau

<i>Rule</i>	<i>IF</i>		<i>THEN</i>	<i>STRATEGI</i>	
	Green	Lama	Tipologi	Perusahaan	Pemerintah
1	RL	> 2 tahun	I	Penguatan	Award
2	RL	< 2 tahun	II	Pemeliharaan	Pembinaan
3	TRL	> 2 tahun	III	Perubahan	Insentif
4	TRL	< 2 tahun	IV	Reinvestasi	Pengawasan

Catatan : RL =Ramah Lingkungan, TRL=Tidak Ramah Lingkungan

Sumber: hasil analisis

### Perbandingan Sistem Cerdas, Uji Coba dan Implementasi Kebijakan

SICAH yang dikembangkan dalam penelitian hampir sama dengan sistem cerdas yang dikembangkan oleh Purnomo (2007) yang mengembangkan sistem cerdas untuk penentuan dan peningkatan buah manggis. Kedua penelitian ini menggunakan FIS dalam dua tahap. Purnomo (2007) menggunakan tahap pertama untuk menentukan kualitas buah manggis dan tahap berikutnya menentukan strategi peningkatan kualitas buah manggis. Dalam penelitian ini, tahap pertama adalah menentukan tingkat agroindustri hijau dan tahap berikutnya menentukan tipologi dan strategi generik pengembangan agroindustri hijau.

Selanjutnya apabila penelitian ini dibandingkan dengan penelitian Wulandari dan Marimin (2010), maka kedua penelitian tersebut sama-sama menggunakan variabel dengan *rule-base* berjenjang. Dalam penentuan tingkat daya saing wilayah berbasis teknologi, Wulandari dan Marimin (2010), *rule base* berjenjang mulai dari aspek, sub aspek dan indikator. Sementara dalam penelitian ini menggunakan *rule base* berjenjang yaitu jenjang aspek dan variabel. Perbedaan kedua penelitian ini adalah pada penelitian yang dilakukan oleh Wulandari dan Marimin (2010), penentuan strategi

dilakukan dengan *Fuzzy AHP*, sementara penelitian ini menggunakan FIS.

Sebelum sistem cerdas diimplementasikan untuk pengukuran maka perlu dilakukan pengujian dengan menggunakan data yang tersedia atau data *dummy*. Berdasarkan pengujian tersebut maka dapat dinilai apakah sistem cerdas ini sudah layak diimplementasikan atau belum. Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa SICAH yang dikembangkan telah mampu menunjukkan tingkat agroindustri hijau dari PT X, sekaligus rekomendasi kebijakan baik untuk pemerintah maupun pihak perusahaan.

Implikasi kebijakan yang dihasilkan dari SICAH untuk pengembangan agroindustri dari PT X adalah diberikan insentif untuk meningkatkan status perusahaan terhadap tingkat keramahan lingkungannya. Kebijakan insentif ini dipilih karena pada saat ketentuan industri hijau diberlakukan, perusahaan tersebut sudah lebih dahulu berdiri. Oleh karena itu diperlukan pembinaan dan pemberian insentif untuk mendorong pihak industri melakukan perbaikan tingkat keramahan lingkungannya. Dari sisi pihak industri, upaya tersebut tentunya membutuhkan biaya ekstra, sehingga pembinaan dan insentif dari pemerintah akan membantu meringankan atau setidaknya menunda biaya-biaya yang harus dikeluarkan dalam mewujudkan industri hijau.

Tabel 5. Uji coba penentuan tingkat agroindustri, tipologi dan strategi peningkatannya

Aspek	Variabel	Nilai	Hasil
<b>Data Industri :</b>			
Nama PT	PT .X		
Tahun Berdiri	2008		
Bidang Usaha	Rifinery Kelapa Sawit		
Penggunaan Sumberdaya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efisiensi energi</li> <li>• Efisiensi bahan baku</li> <li>• Efisiensi penggunaan air</li> </ul>	Tinggi Sedang Rendah	SEDANG
Proses dan Produksi Ramah Lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penerapan <i>Cleaner Production</i></li> <li>• Produk ramah lingkungan</li> <li>• Pengelolaan limbah (3R)</li> </ul>	Sebagian, Belum Ada Sebagian	RENDAH
Dampak Industri Terhadap Lingkungan Lokal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengurangan emisi karbon</li> <li>• Tingkat polusi lingkungan lokal</li> <li>• Porsi CSR lingkungan</li> </ul>	Rendah Rendah Rendah	RENDAH
Kebijakan Internal dan Manajemen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visi lingkungan perusahaan</li> <li>• Internal audit lingkungan</li> <li>• Peningkatan kapasitas SDM</li> </ul>	Samar Tidak Ada Tidak Ada	RENDAH
<b>Hasil Analisis</b>			
Kategori Industri	: AGROINDUSTRI HITAM (TIDAK RAMAH LINGKUNGAN)		
Tipologi	: III		
Strategi Perusahaan	: PERUBAHAN PERLAHAN		
Strategi Pemerintah	: INSENTIF		

Sumber: Hasil analisis dengan data *dummy*

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Desain Sistem Cerdas Agroindustri Hijau (SICAH) yang telah dikembangkan dapat digunakan untuk menentukan tingkat agroindustri hijau kedalam empat tingkatan (hijau, kuning, kuning dan hitam). Sistem ini juga bisa menentukan strategi generik yang harus diambil oleh pemerintah dan pihak industri untuk pengembangan agroindustri hijau.

### Saran

Sistem ini dapat digunakan untuk penentuan industri hijau, namun untuk meningkatkan validitas hasilnya maka diperlukan pengujian dengan data sebenarnya. Sistem ini juga dapat dimodifikasi untuk menentukan industri hijau untuk kelompok usaha industri yang lainnya dengan melakukan modifikasi rentang nilai *crisp* (sebenarnya) dan bobot dari masing-masing variabel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anbumozh VQ dan Chotichanathawewong. 2010. Information Disclosure Strategies for Green Industries. Di dalam *Regional Workshop on Corporate Environmental Management: From Policy to Practice*, Indian Institute of Management. Bangalore, India: 3-6 May 2010.
- Johnson DC dan Christensen RL. 1995. The Green Industry Today, Some Issues and Future Prospect. *J Agrobuss* 13 (1): 63-76.
- Marimin. 2007. *Teori dan Apikasi Sistem Pakar Dalam Teknologi Manajerial*. Bogor: IPB Press.
- Purnomo D. 2007. *Sistem Pakar Fuzzy Penentuan dan Penigkatan Kualitas Manggis*. Jurusan Teknik dan Manajemen Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran Bandung. Tidak dipublikasikan.
- Septiani W dan Marimin. 2005. Sistem Intelijen Prediksi dan Penilaian Kualitas Susu Pasteurisasi dengan Menggunakan Logika Fuzzy dan Jaringan Syaraf Tiruan. Di dalam *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*. Yogyakarta: 18 Juni 2005.
- Susilowati SH. 2007. Peran Sektor Agroindustri dalam Perekonomian Nasional dan Pendapatan Rumah Tangga Pertanian. Di dalam *Seminar Nasional Dinamika Pembangunan Pertanian dan Pedesaan: Mencari Alternatif Arah Pengembangan Ekonomi Rakyat*. Bogor : 4 Desember 2007.
- Thilmany D, Hernandez J, Pena AA, Watson P. 2008. The Economic Contribution of Colorado's Green Industry. Final Report, the Green Industries of Colorado, Colorado.
- Topuz E, Talinlia I, dan Aydin E. 2011. Integration of Environmental and Human Health Risk Assessment for Industries Using Hazardous Materials: A Quantitative Multi Criteria Approach for Environmental Decision Makers. *Environ Int*. 37(2): 393-403.
- UNINDO. 2009. A Greener Footprint for Industry : Opportunities and Challenges of Sustainable Industrial Development. United Nations Industrial Development Organization, Vieana, Austria.
- Wulandari S dan Marimin. 2010. Penilaian Daya Saing Wilayah Berbasis Teknologi Untuk Pengembangan Agroindustri dengan Pendekatan Fuzzy. *J Tek. Ind. Pert*. 20 (1): 29-38.